

## I. 緒言

近年、高齢化社会の到来から、健康に対する意識や関心が高まり、運動を健康作りの手段としてとらえる人々が増えている。適切な強度で運動を行うことが、健康の維持や体力の増強には大切である。運動強度などを相対的に評価することに用いられる血中乳酸濃度の測定には、簡易型の血中乳酸測定用電極センサーシステムが開発され、指尖部や耳たぶの末梢血からの微量の血液によって乳酸濃度を測定することが可能となった。しかし、採血に伴う痛みや、しっかりとした感染予防のための消毒を行わなくてはならないなど、被験者に対する負担が大きい。この様な被験者に対する負担に加え、運動実施時に採取するのが困難であるなどの問題点の解消を理由に、非観血的・非侵襲的で採取も比較的簡便な検体を用いて、運動強度の推定を可能にしようとする試みがなされだしている。非侵襲検査の検体として扱われているものには、尿、便、唾液、汗などがある。この中でも、唾液は採取時に被験者に身体的負担を与えることなく、運動実施時でも採取可能であると同時に、運動実施中の唾液中乳酸濃度は、血中乳酸濃度を反映し、運動強度を推定するための指標として有用であるという研究報告がある。

小又は、漸増負荷運動を用いて、唾液中乳酸濃度によって血中乳酸濃度をモニタリングすることの有用性を示唆した。しかし、唾液中乳酸濃度を用いた血中乳酸濃度のモニタリングの有用性を高めるためには、いろいろな問題点を解決しなければならないと述べている。

そこで、本研究は、解消すべき問題点の1つである唾液分泌流量に着目した。唾液量が真の唾液中乳酸濃度を測定するために、どのような影響を及ぼすかを明確にすることを目的とし、本研究を実施した。

## II. 研究方法

### 1. 外的要因による唾液量の変化について

#### ① 被験者

健康な成人3名(A~C)を被験者とした。

#### ② 実験方法

安静時の唾液流量を測定した後、①口のみによる呼吸(以下口のみ)、②口のみによる呼吸+扇風機から口腔内に向けて風を送り込む(以下扇風機)、③口のみによる呼吸+ドライヤーから口腔内に向けて温風を送り込む(以下ドライヤー)、④通常呼吸で呼吸数を50回/分とする(以下呼吸数50回/分)、⑤通常呼吸で呼吸数を84回/分とする(以下呼吸数84回/分)という条件下での唾液流量を測定した。なお、唾液の量は、個人によって、また、日によっても変化するため、各被験者とも、測定日の安静時における唾液量を基準とし、その減少量を百分率(%)で表すこととした。そして、本研究では、上記した5種類の条件設定を、外的要因と呼ぶこととした。

#### ③ 解析方法

安静時・口のみ・口のみ+扇風機・口のみ+ドライヤー・呼吸数50回/分・呼吸数84回/分のそれぞれをグループ分けし、一元配置分散分析法により有意差の検定をおこなった。

## 2. 内的要因による唾液量の変化について

### ① 被験者

日々激しい運動を行っている健康な成人男性 10 名を被験者とした。

### ③ 実験方法

本研究では、唾液量を変化させる体内環境因子として、唾液分泌流量に着目し、それを内的要因と呼ぶこととした。

自転車エルゴメーターを用い、運動を負荷した。負荷方法としては、1.0kp、60rpm から運動を開始し、その後 3 分間の唾液採取が困難になるまで、3 分ごとに 0.3kp ずつ多段階に負荷を増加させていった。実験において測定した項目は、唾液中乳酸濃度、唾液分泌流量である。唾液中乳酸濃度は、遠心分離した唾液検体を用い、酵素法により唾液中乳酸濃度を測定した。唾液分泌流量は、唾液を採取する前と採取後の防湿綿の重さを測定し、その差を唾液分泌流量とした。また、唾液検体の採取の際に、外的要因による影響をできるだけ取り除くために、被験者には口を閉じてもらい、外気や口からの呼吸による口腔内の乾きなどの影響が加わらないようにした。検体を採取するタイミングは図 1 に示す通りである。

### ⑤ 解析方法

唾液分泌流量の変動については、唾液分泌流量を各運動負荷強度ごとにグループ分けし、一元配置分散分析法により有意差の検定を行った。

唾液中乳酸濃度と運動負荷強度と唾液分泌流量間の各々の関係を明らかにする目的で、唾液中乳酸濃度と運動負荷強度、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量、運動負荷強度と唾液分泌流量のそれぞれについて、ピアソンの積率相関係数を算出した。また、運動負荷強度の影響を取り除いた、唾液分泌流量と唾液中乳酸濃度との偏相関係数を算出した。唾液中乳酸濃度・唾液分泌流量・運動負荷強度のそれぞれの相関関係、ならびに運動負荷強度の影響を取り除いた唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量の相関関係とも、5%水準で有意性の検定をおこなった。なお、唾液中乳酸濃度および唾液分泌流量は、個人差の影響をなくすために、運動負荷の最初のステージ(180W)における測定値を基準として、その増加量、減少量を百分率(%)で表した。

## III. 結果および考察

### 1. 結果

実験によって得られた唾液分泌流量のデータを表 1、表 2 に示した。

個人のデータ別、ならびに被験者全体での唾液中乳酸濃度・唾液分泌流量・運動負荷強度の関係から、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量、唾液中乳酸濃度と運動負荷強度、唾液分泌流量と運動負荷強度のそれぞれについて回帰分析した際の相関係数を表 3 に、運動負荷強度による影響を取り除いた唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量の偏相関係数を表 4 に示した。

### 2. 考察

#### ① 唾液量の変化

本研究で、設定した外的要因による、唾液量の有意な減少は見とめられなかった。一方、外的要因を統制して漸増的に運動を負荷した際には、唾液分泌流量に有意な減少が見られた。このことから、運動により、唾液分泌流量は有意に減少し、かつその減少は内的要因によるところが大きいと考えられる。

#### ② 唾液中乳酸濃度の変動パターン

本研究では、唾液中乳酸濃度が、唾液分泌流量の減少により増加する人 (n=5) と、唾液分泌流量の減少の影響を受けない人 (n=1) の 2 種類が確認された。このことから、唾液中の成分である乳酸には、唾液分泌流量による決まった変動パターンがなく、変動パターンは個人によって異なる可能性が考えられた。

### ③ 運動負荷強度・唾液中乳酸濃度変化・唾液分泌流量変化の相関について

各被験者ごとに、運動負荷と唾液中乳酸濃度、運動負荷と唾液分泌流量、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量のそれぞれの相関を見ると、運動負荷と唾液分泌流量には一次関数的な相関( $p<0.05$ )が認められ、運動負荷と唾液中乳酸濃度、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量には指数関数的な相関( $p<0.05$ )が認められた。そこで得られた相関係数を用いて、運動負荷の影響を取り除いた唾液分泌流量と唾液中乳酸濃度の偏相関係数をもとめたところ、2 人の被験者 (c・d) で有意な相関( $p<0.05$ )を得た。しかし他の 4 人の被験者では有意な相関を得ることはできなかった。また、被験者全体で運動負荷と唾液中乳酸濃度、運動負荷と唾液分泌流量、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量のそれぞれの相関を見ると、どの関係についても有意な相関は認められなかった。このことから、必ずしもとは言えないが、被験者によっては、運動時の唾液中乳酸濃度は唾液分泌流量の減少の影響を受ける可能性があると考えられた。

### ③ 補正式の提案

唾液中乳酸濃度・唾液分泌流量・運動負荷強度のそれぞれの関係に有意な相関が見られ、且つ、運動負荷強度の影響を取り除いた、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量の偏相関係数にも有意差が認められる被験者において、血中乳酸濃度をモニタリングすることを目的として、唾液中乳酸濃度の真の値を求めるためには、唾液分泌流量の影響を取り除くような補正が必要になると考えられる。そこで、補正式の 1 つの例を以下に示す。

唾液中乳酸濃度を  $z$ 、運動負荷強度を  $x$ 、唾液分泌流量を  $y$  とおくと、唾液中乳酸濃度と運動負荷強度、唾液中乳酸濃度と唾液分泌流量の関係式は、下式で表される。なお、下式において、 $a$ 、 $a'$ 、 $b$ 、 $b'$  はすべて定数である。

$$\textcircled{1} \quad z = a \times e^{bx}$$

$$\textcircled{2} \quad z = a' \times e^{by}$$

①式と②式は、本研究と同様の方法により求められたものであり、被験者によって関係式は異なったものとなる。すなわち、定数  $a$ 、 $a'$ 、 $b$ 、 $b'$  は被験者によって異なるため、各被験者に対応可能な唾液中乳酸濃度を唾液分泌流量と運動負荷強度で表す関係式は、この 2 式を用いることにより、下式のように表される。

$$\textcircled{3} \quad z = (a \times e^{bx} + a' \times e^{by}) / 2$$

③式は、運動負荷強度という変数と唾液分泌流量という変数が変わることにより、唾液中乳酸濃度の値が決まるということを示している。この関係式において、唾液分泌流量の影響を取り除く意味で、唾液分泌流量の値を一定と仮定すれば、 $a' \times e^{by}$  が定数となる。すなわち、どのような運動負荷強度下にあっても、安静時の唾液分泌流量から値が変わらないと仮定すれば、唾液分泌流量は一定となるので、 $a' \times e^{by}$  は定数  $d$  として表すことができる。そこで、安静時における唾液分泌流量の値を測定し、定数  $d$  を決めることにより、下式が導かれる。

$$\textcircled{4} \quad z = (a \times e^{bx} + d) / 2$$

④式の意図するところは、運動負荷強度( $x$ )という変数が変わることにより、唾液中乳酸濃度( $z$ )の値が決まるということである。すなわち、上記関係式④は、唾液分泌流量を一定と仮定すること

で、唾液分泌流量の変動の影響を取り除いた際の、唾液中乳酸濃度と運動負荷強度の関係を示している。そのため、唾液分泌流量と唾液中乳酸濃度の関係に有意な相関がある被験者に対しては、この関係式による補正を用いることにより、唾液分泌流量の影響を取り除いた唾液中乳酸濃度の真の値を求めることができると考えられる。

IV. 結論

本研究により以上の3つのことが明らかになった。  
1、運動により口腔内唾液量は減少する。なおこの減少は、気道を通過する外気の状態や呼吸数などによる換気量などの影響を受けて生じるのではなく、唾液分泌流量の変化によるものである。2、人によっては運動による唾液量の減少が、唾液中乳酸濃度に影響を及ぼす。3、唾液中成分である乳酸の唾液分泌流量による一定の変動パターンは、本研究結果からは得ることができなかった。  
以上のことより、血中乳酸濃度を、唾液中乳酸濃度でモニタリングする場合、人によっては唾液分泌流量の影響を補正した唾液中乳酸濃度を用いる必要があるといえる。また、補正をするためには、個人の唾液分泌流量・唾液中乳酸濃度・運動負荷の関係を明確にする必要があり、その3つの関係式から、唾液分泌流量に平常安静時の値を代入し、唾液中乳酸濃度と運動負荷の関係式に置き換え、これを補正式として利用することを提案する。

表1 外的要因による唾液分泌流量の変化

	安静時	口のみ	扇風機	ドライヤー	50回/分	84回/分
A	100	93.2	97.0	90.5	104.4	112.7
B	100	88.7	76.4	71.6	88.5	101.2
C					96.4	95.7
SD		4.8	14.6	13.4	8.0	8.7

「安静時を100%とする」

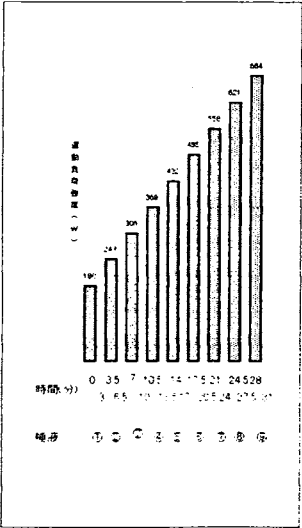


図1 唾液採取のタイミング

表2 内的要因による唾液分泌流量の変化

運動負荷(W)	180	243	308	369	432	495	558	621	684
a	100	101.9	99	85.9	77.6	82.4	62.6	50.2	
b	100	89.0	56.4	46.4	52.2	47.8	43.6	38.8	48.8
c	100	68.5	73.3	56.9	58.2	56.3	42	36.7	26.1
d	100	90.8	97.2	86.9	90.8	74.5	71.3	49.8	
e	100	76.9	83.0	83.0	72.3	82.5			
f	100	96.5	98.1	116.1	95.2	74.6	68.8		
SD		12.4	17.2	24.7	17.2	13.1	13.9	7.1	16.1

「運動負荷の最初のステージ(180W)を100%とする」

表3 各要因の相関係数

	a	b	c	d	e	f	全体
運動負荷強度・唾液分泌流量	R=0.944 R²=0.891	R=0.810 R²=0.656	R=0.946 R²=0.895	R=0.899 R²=0.809	R=0.811 R²=0.658	R=0.708 R²=0.501	R=0.718 R²=0.515
運動負荷強度・唾液中乳酸濃度	R=0.775 R²=0.601	R=0.681 R²=0.464	R=0.951 R²=0.905	R=0.733 R²=0.538	R=0.874 R²=0.764	R=0.934 R²=0.873	R=0.829 R²=0.398
唾液分泌流量・唾液中乳酸濃度	R=0.847 R²=0.718	相関なし	R=0.971 R²=0.942	R=0.903 R²=0.816	R=0.850 R²=0.722	R=0.814 R²=0.662	R=0.585 R²=0.342

(p<0.05)

表4 唾液中乳酸濃度・唾液分泌流量の偏相関係数

	a	b	c	d	e	f	全体
運動負荷強度の要因を除いた偏相関係数	相関なし	相関なし	R=0.715 R²=0.511	R=0.821 R²=0.674	相関なし	相関なし	相関なし

(p<0.05)